



超强激光科学卓越创新简报

(第二百四十八期)

2022年1月27日

上海光机所在基于空气激光的温室气体探测研究中取得新进展

近期，中国科学院上海光学精密机械研究所强场激光物理国家重点实验室创新性地提出了空气激光辅助的单光束相干拉曼散射技术，并利用该技术实现了大气中温室气体SF₆的定量测量，检测灵敏度达到千分之四的水平。空气激光辅助的相干拉曼散射技术，发挥了空气激光在时域、频域和空域上的独特优势，既实现了单光束测量，又无需复杂的脉冲整形，适用于大气、火场等复杂或危险环境的实时探测，推动了相干拉曼散射技术的发展与应用。相关成果发表在Optics Letters上。

相干拉曼散射，作为一种重要的非线性光谱技术，广泛用于分子检测、燃烧诊断、生物显微成像等领域。传统的相干拉曼光谱技术，通常需要多束激光（泵浦光、斯托克斯或反斯托克斯光、探测光）实现分子振动或转动相干性的激发与探测，并对各激光场之间的时空耦合与精密控制提出了很高的要求。因此，发展单光束相干拉曼散射技术是极具吸引力的研究方向。然而，单光束相干拉曼散射要求一束激光同时扮演泵浦光、斯托克斯或反斯托克斯光、探测光三个光场的角色，因此也是富有挑战的研究课题。为了实现这一目标，加州大学伯克利分校、劳伦斯伯克利国家实验室、德州农工大学、以色列魏茨曼科学研究所等机构都开展了相关研究，并提出了一些技术方案。然而，他们提出的方法通常需要使用空间光调制器对飞秒激光进行时间、频谱、偏振整形，系统复杂，不适用于大能量飞秒激光，而且拉曼激发和探测过程采用波长相近的近红外激光，信噪比较低，限制了其探测灵敏度。

研究团队利用一束高能量、圆偏振飞秒激光脉冲聚焦到含有温室气体SF₆的空气中，一方面激发了SF₆分子的相干振动，另一方面以空气为增益介质诱导了紫外氮气激光。氮气激光具有不同于飞秒泵浦激光的时频特性，且与泵浦激光在空间上天然重合，为相干拉曼散射提供了理想的探测光源。空气激光辅助的单光束相干拉曼技术，充分结合了飞秒激光与空气激光的优势，利用飞秒激光成丝的光谱展宽与脉冲自压缩效应，能够同时激发多种气体的拉曼相干性，而空气激光窄的光谱线宽，使其能够区分不同分子乃至同位素的拉曼频移。因此，该技术在多组分关联测量、温室气体同位素检测等方面具有显著优势。此外，空气激光波长位于紫外波段，不仅极大地提高了拉曼散射效率，而且有利于抑制近红外飞秒泵浦激光产生的背景噪声，使得温室气体的定量测量成为可能。利用该技术，研究团队在空气中检测到了浓度为0.38%的SF₆气体。

相关工作得到了国家自然科学基金优秀项目、重点项目、上海市优秀学术带头人、上海市市级科技重大专项、中科院青促会等项目的支持。

原文链接

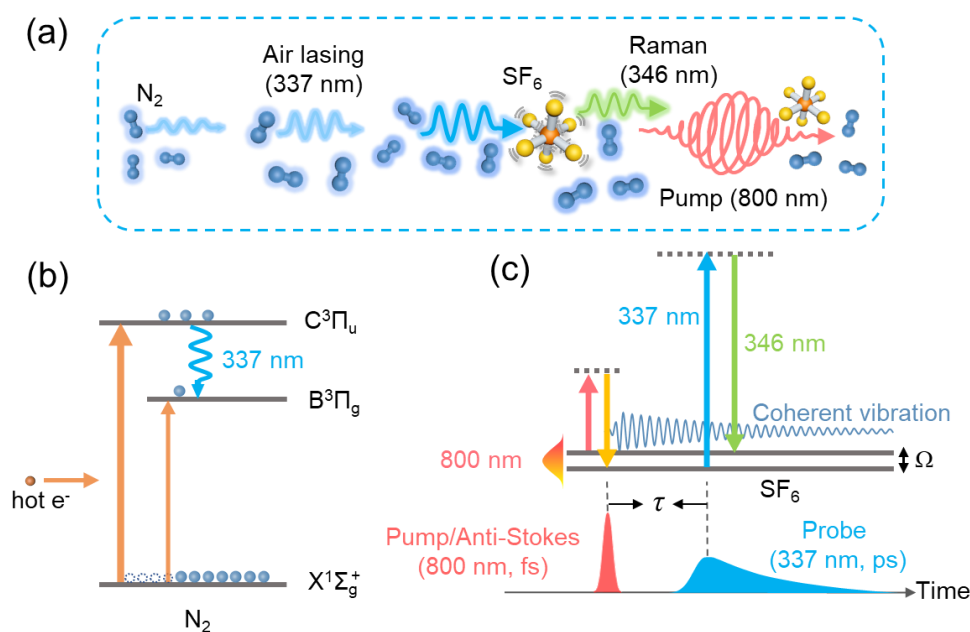


图1 空气激光辅助的单光束相干拉曼散射技术的基本原理。

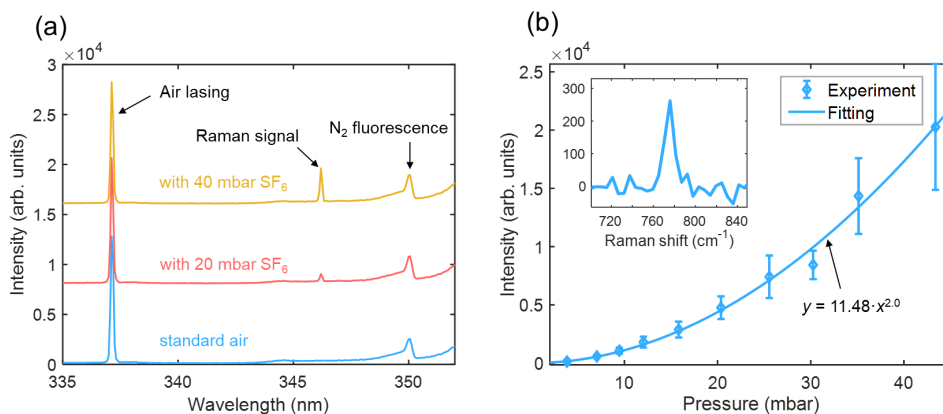


图2 利用空气激光辅助的单光束相干拉曼光谱技术，实验测得的（a）SF₆拉曼信号以及（b）拉曼信号强度与气体浓度的定量关系。插图：空气中浓度为0.38%的SF₆气体的拉曼信号。



中国科学院
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

copyright © 2000-2023 中国科学院上海光学精密机械研究所 沪ICP备05015387号-1

主办：中国科学院上海光学精密机械研究所 上海市嘉定区清河路390号(201800)

转载本站信息，请注明信息来源和链接。



微信公众号



上光简讯